

چالش‌های محیط‌زیستی نانولوله‌های کربنی

مهدی عشقی‌مراد
معلم شیمی ناحیه ۱ شهرری - پژوهش سرای رازی



چکیده

یکی از پرکاربردترین نانوساختارها در فناوری نانو، نانولوله‌های کربنی هستند که به دلیل برخوردار بودن از ویژگی‌های منحصر به فرد مکانیکی، الکترونیکی و شیمیایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. بسیاری از کارشناسان از دیدگاه مکانیکی، نانولوله‌های کربنی را از جمله قوی‌ترین موادی می‌دانند که تاکنون به‌دست بشر ساخته شده‌اند. در این مقاله روش‌های تولید و برخی کاربردهای این مواد بررسی می‌شود و در ادامه، نگرانی‌های ناشناخته در زمینه نانوفناوری، شامل چالش محیط‌زیستی و اثرهای زیست‌شناختی منفی نانولوله‌های کربنی مورد اشاره قرار می‌گیرد.

کلیدواژه‌ها: نانو، نانولوله کربنی، چالش محیط‌زیستی، نانوساختار

از نانولوله‌ها در باتری‌ها و سلول‌های تولید انرژی برای ذخیرهٔ لیتیم، هیدروژن و زیست مواد استفاده می‌شود

رسوب‌دهی شیمیایی بخار به کمک پلاسما تولید کرد. مؤثرترین روش تجاری برای تولید نانولوله‌های کربنی رسوب‌دهی بخار شیمیایی است.

در فرایند قوس الکتریکی، اتم‌های کربن به‌وسیله عبور جریان بالا از دو قطب آندو کاتد در پلاسما گاز هلیوم داغ و بخار می‌شوند. در تبخیر لیزری پالس‌های قوی شدهٔ لیزر به طرف یک هدف کربنی که شامل ۵ درصد اتمی نیکل و کبالت است پرتاب می‌شوند. روش رسوب‌دهی شیمیایی بخار شامل گرم کردن کاتالیزرها تا دماهای بالا در یک کوره لوله‌ای شکل و عبور یک هیدروکربن در سراسر لوله برای مدت زمانی معین است.

دو روش تخلیهٔ قوس و تابش لیزر برای زمان طولانی، روش‌های تقریباً کاملی برای تولید نانو لوله‌های تک‌جداره بودند اما از آنجا که هر دو روش بر تبخیر اتم‌های کربن درون یک محفظهٔ کوچک تکیه دارند، مقدار تولید نانولوله کم است و نانولوله‌هایی که تهیه می‌شوند حالتی درهم پیچیده دارند. از این‌رو، خالص‌سازی آن‌ها دشوار است.

روش رسوب‌دهی با بخار نیز با چالش‌هایی روبه‌رو است چنان‌که در تولید نانولوله‌های چندجداره، نقص‌هایی در ساختار به‌وجود می‌آید. این کاستی از پایین بودن دمای رشد نتیجه می‌شود زیرا انرژی لازم برای بازیخت و تکمیل ساختار نانو لوله فراهم نشده است. همچنین این روش به تولید هر دو نوع نانولولهٔ رسانا و نیم‌رسانا می‌انجامد با این حال، پژوهشگران بیشتر به روش رسوب‌دهی با بخار تمایل دارند زیرا تولید انبوه در حد کیلوگرم را ممکن می‌کند و در آن، کنترل سازوکار رشد امکان‌پذیر است. در سال ۲۰۱۴ با استفاده از بهینه‌سازی روش رسوب‌دهی بخار شیمیایی، تولید نانولوله‌های کربنی چنددیواره با خلوص بالا انجام گرفت. کاتالیزگر مورد استفاده در این روش، فروسن است که جریانی از زایلن از روی آن می‌گذرد.

پیش از ساخت نانولوله‌های کربنی، نخست باید دریابیم که چگونه می‌توانیم نانولوله‌ها را در محلی مشخص، با آرایشی خاص و شکل و اندازهٔ معین رشد بدهیم. استفاده از بسترهای کاتالیزی، از جمله بسترهای سیلیسیمی، ذره‌های نیکل و آهن این شرایط را فراهم می‌کند.

در روشی دیگر برای تهیهٔ رشته‌های نانولوله، از محلول پیش‌مادهٔ کاتالیزگر شامل CoCl_2 و FeCl_3 حل شده در اتانول استفاده می‌شود. این محلول روی سطحی سیلیسیمی گذاشته می‌شود که با لایهٔ نازکی از سیلیس پوشانده شده است. سطح سیلیسیمی درون کوره قرار داده شده، به مدت یک ساعت در دمای 900°C نگه داشته می‌شود.



رشد نانولوله به روش رسوب‌دهی بخار شیمیایی

مقدمه

سامیو ایجیما^۱ در سال ۱۹۹۱ نانولوله‌های کربنی را کشف کرد. وی از میان میکروسکوپ الکترونی رشته‌هایی از کربن خالص را با ساختار متقارن نانومتری در رسوب سیاه‌رنگی مشاهده کرد. نانولوله‌های کربنی یکی از پرکاربردترین نانو ساختارها در فناوری نانو هستند. از میان ویژگی‌های شگفت‌انگیز نانولوله‌ها انعطاف‌پذیری عالی، استحکام کششی و پایداری گرمایی زیاد، رؤیای ساخت فراورده‌های فناوری نانو را در ذهن پرورش می‌دهد؛ فراورده‌هایی که از فولاد سخت‌تر و از آلومینیم سبک‌ترند، ضریب رسانایی بیشتری نسبت به مس دارند و نیم‌رساناهای خوبی به‌شمار می‌آیند. پیش از کشف الیاف نانولوله کربنی، تار عنکبوت به‌عنوان محکم‌ترین ماده در میان مواد طبیعی و مصنوعی شناخته می‌شد. به هر حال نانولوله‌های کربنی از دید ساختار و استحکام، از الیاف بسیار قوی تار عنکبوت و کولار قوی‌تر هستند.

انواع نانولوله‌های کربنی

نانولوله‌ها به دو دستهٔ نانولوله‌های تک‌دیواره^۲ و چنددیواره^۳ تقسیم می‌شوند. مهم‌ترین کاربرد نانولوله‌ها از ویژگی‌های منحصربه‌فرد الکتریکی آن‌ها در مدارهای الکتریکی ناشی می‌شود که به‌عنوان جایگزین سیلیسیم عمل می‌کند. نانولوله‌ها لایه‌های گرافیتی هستند که از دو نقطه به هم وصل شده‌اند. در واقع، یک نانولوله مانند صفحه‌ای گرافیتی است که به شکل لوله درآمده باشد. بسته به نوع اتصال دو سر صفحه به هم، نانولوله‌ها به این ترتیب تقسیم می‌شوند: صندلی، زیگزاک و نامتقارن [۲]. ویژگی‌های نانولوله‌های کربنی تابع شکل ساختاری آن‌هاست، بنابراین چگونگی تشکیل نانولوله‌ها نه‌تنها در تعیین شکل ساختاری، بلکه در تعیین خواص مربوط به آن‌ها نیز اهمیت فراوانی دارد.

روش‌های تولید

نانولوله‌های کربنی را می‌توان با استفاده فرایندهای قوس الکتریکی، تبخیر لیزری، رسوب‌دهی شیمیایی بخار^۴ و

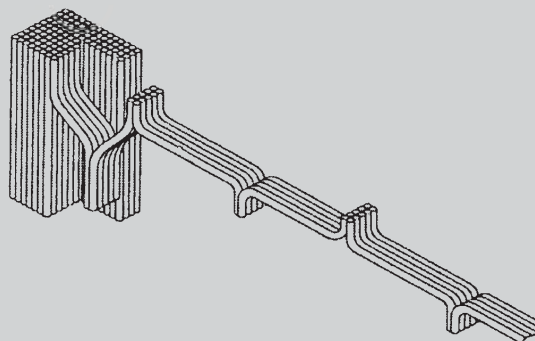
پژوهشگران بیشتر به روش رسوب‌دهی با بخار تمایل دارند زیرا تولید انبوه در حد کیلوگرم را ممکن می‌کند و در آن، کنترل سازوکار رشد امکان‌پذیر است

آرایه‌های نانوکربنی به‌دست آمده به روش رسیدن، به رشته‌های کربنی بلندتر تبدیل می‌شوند. شکل ۱ رشته‌های به‌دست آمده از فرایند رسیدن و پیچیدن چند رشته با یکدیگر را نشان می‌دهد.

کاربردها

● نانولوله‌ها در صنعت الکترونیک

دیودها و ترانزیستورهای محاسباتی، خازن‌ها، نوسانگرهای تراهرتزی، صفحه‌های نمایشگر تخت، حافظه‌های رایانه‌ای، نمایشگرهای تلویزیونی با کارایی بهتر از انواع کنونی، مدارهای منطقی و پردازنده‌های بسیار سریع نمونه‌هایی از فراورده‌هایی هستند که نانولوله‌های کربنی در آن‌ها به کار رفته‌اند.



شکل ۱ تولید نانولوله‌های رشته‌ای به روش رسیدن

خلوص - را مشخص کرده است. دانشمندان تاکنون توانسته‌اند از نانولوله‌ها در حسگرهای پروتئینی، انتقال‌دهنده‌های پروتئینی، میکروسکوپ‌ها، چارچوب سلول استخوانی و عصبی، کانال‌های مولکولی و فرستنده پیام به سلول‌های عصبی استفاده کنند. توجه دانشمندان از آن جهت به سازگاری زیستی نانولوله‌ها و اثرهای زیان‌بار احتمالی آن‌ها جلب شده است که در سال‌های گذشته با افزایش روزافزون کاربرد نانولوله‌ها در صنعت و حضور برجسته آن‌ها در محیط، ارتباط معنی‌داری میان آن‌ها با بیماری‌ها از جمله بیماری‌های تنفسی و پوستی مشخص شده است. اگرچه در آغاز به‌نظر می‌رسید نانولوله‌ها و هم‌خانواده‌های آن اثر چندانی بر ریخت‌شناسی، رشد و تکثیر سلول ندارند اما امروزه مشخص شده است که ابعاد فیزیکی، مساحت، مقدار مصرف، نسبت طول به قطر، زمان، خلوص و عوامل شیمیایی وابسته به سطح با خاصیت ایجاد مسمومیت سلولی نانولوله‌ها در ارتباط‌اند و در این میان، مقدار مصرف و خلوص و گروه‌های شیمیایی متصل به سطح از بقیه عوامل مهم‌ترند.

بنا به بررسی‌ها، سلول‌ها در برابر نانولوله‌ها پاسخ‌های متفاوتی از خود نشان می‌دهند که نمونه‌هایی از آن‌ها به این قرار است: فعال شدن ژن‌های مؤثر در حمل‌ونقل سلولی، سوخت‌وساز، تنظیم چرخه فعالیت سلولی و رشد آن، پاسخ‌های مربوط به زمان نگرانی، تولید و ترشح پروتئین از سلول و توقف رشد سلولی. با در نظر گرفتن خطرهای احتمالی نانولوله‌ها بر سلول و بافت، می‌توان از این ساختارها در موجودات زنده بهره مناسب گرفت. بنابر پژوهش‌ها نانولوله‌ها در مقدارهای کم، موجب افزایش رشد و سوخت‌وساز سلولی می‌شوند در حالی که در مقدارهای بیشتر، واکنش‌های التهابی و پاسخ‌هایی را برمی‌انگیزند که وقتی سلول در برابر عفونت قرار می‌گیرد، از خود نشان می‌دهد. در واقع، مرگ سلولی در نتیجه روبه‌رو شدن با نانوله‌ها مشابه عوامل دیگر مؤثر در مرگ سلولی، از تشکیل رادیکال‌های آزاد، عوارض ناشی از آن و تخلیه پاداکسنده‌ها ناشی می‌شود.

* پی‌نوشت‌ها

1. Iijima, S.
2. single wall nano tube (SWNT)
3. multi wall nano tube (MWNT)
4. Chemical Vapor Deposition (CVD)
5. Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition (PECVD)

1. www. edu. nano. ir
2. www. Nature, 1991, 354, 58
3. Molecular and Biomolecular spectroscopy, 2014, 29 Apr.

* منابع

● کاربردهای مکانیکی و ساختاری

چندسازه‌های با استحکام زیاد، کابل‌ها، مبدل‌های گرمایی، خنک‌کننده‌ها، سدهای گرمایی، سپر پرتوهای خطرناک، لباس‌های فضایی، انواع جدیدی از بسته‌بندی و فراورده‌هایی برای مدیریت گرمایی کاربردهای دیگری از نانولوله‌های کربنی را به نمایش می‌گذارند.

● کاربرد در حسگرها و ماشین‌های مولکولی

در این زمینه می‌توان به تولید میکروسکوپ‌ها بر پایه نانولوله‌ها، حسگرهای ارزان بسیار حساس، زیست حسگرها، موتورها، چرخ‌دنده‌های مولکولی، راکتورها در ابعاد نانو، کانال‌های یونی اشاره کرد.

گفتنی است از نانولوله‌ها در باتری‌ها و سلول‌های تولید انرژی برای ذخیره لیتیم، هیدروژن و زیست مواد استفاده می‌شود.

اثر بر محیط زیست

پیش از کاربرد نانولوله‌های کربنی در موجودات زنده باید از سازگاری این ساختارها با بافت زنده اطمینان یافت. به این منظور، پژوهش‌های بسیاری انجام گرفته است که تا حدودی سعی بودن نانولوله‌های کربنی و عواملی مؤثر بر آن - از جمله مقدار مصرف، ساختمان، دنباله‌های شیمیایی، سطح فعال و